

===== WPI =====

TI - Spindle motor ensuring sealing of magnetic fluid bearing - comprises composite seal, with magnetic fluid seal combined with seal to collect magnetic fluid, rotary shaft, etc.

AB - J07110033 Spindle motor comprises a composite seal where a magnetic fluid seal is combined with a seal for collecting magnetic fluid; a rotary shaft rotatably supported to a radial bearing; magnetic fluid with which a gap between the radial bearing and a slide part is filled; and a device to effectively prevent outflow of magnetic fluid through the composite seal during high speed rotation.

- ADVANTAGE - Sealing ability of magnetic fluid bearing is ensured.

- (Dwg.2/8)

PN - JP7110033 A 19950425 DW199525 F16C33/74 008pp

PR - JP19930255441 19931013

PA - (HITA) HITACHI LTD

MC - F01-G00G

- V06-M09

DC - F01 Q62 V06

IC - D01H1/244 ;F16C33/74 ;H02K5/10 ;H02K7/08

AN - 1995-191181 [25]

===== PAJ =====

TI - SPINDLE MOTOR AND FINE SPINNING FRAME PROVIDED WITH THIS

AB - PURPOSE:To provide a bearing constituting body capable of maintaining high accurate rotation, a high speed spindle motor provided with this, and a spindle motor for an air spinning frame by providing a means effectively preventing outflow of magnetic fluid from compound seals arranged on both sides of a radial bearing.

- CONSTITUTION:A magnetic thrust bearing 10 is constituted of a non-magnetic collar 19, a permanent magnet 20 magnetized in the axial direction, a magnetic shield plate 22, and a magnetic substance 21, and a rotary shaft is positioned by magnetic attracting force applied on the permanent magnet 20 and the magnetic substance 21. A bearing housing 2 integrated with a radial bearing part 3 is fitted in a motor housing 7, chambers storing magnetic fluid 5 are provided on both end parts of the radial bearing 3, and magnetic fluid 6 is enclosed so as to have a space (r). Further, the storing chambers on both end parts of the radial bearing 3 are communicated to each other through a hole. Outflow of the magnetic fluid at a standstill of low rotating speed is prevented by means of magnetic fluid seals 4a, 4b.

PN - JP7110033 A 19950425

PD - 1995-04-25

ABD - 19950831

ABV - 199507

AP - JP19930255441 19931013

PA - HITACHI LTD

IN - ARAI KATSUTOSHI; others: 04

I - F16C33/74 ;D01H1/244 ;H02K5/10 ;H02K7/08

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-110033

(43) 公開日 平成7年(1995)4月25日

(51) IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 1 6 C 33/74		C		
D 0 1 H 1/244				
H 0 2 K 5/10		Z 7254-5H		
7/08		Z 7103-5H		

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平5-255441

(22) 出願日 平成5年(1993)10月13日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 新居 勝敏

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 深作 光利

茨城県日立市東多賀町一丁目1番1号 株式会社日立製作所リビング機器事業部内

(72) 発明者 橋本 一郎

茨城県日立市東多賀町一丁目1番1号 株式会社日立製作所リビング機器事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スピンドルモータおよびこれを具備した精紡機械

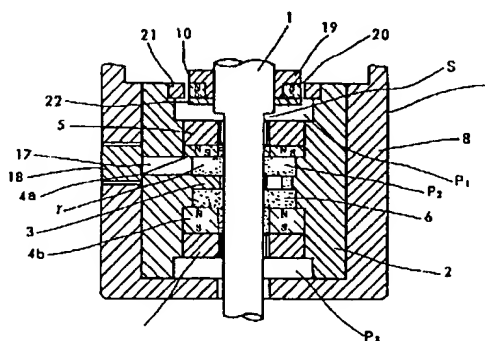
(57) 【要約】

【目的】 磁性流体軸受の密封性を確実にする。

【構成】 軸受ハウジングの両端部に配置された磁性流体シールとねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部材を組み合わせた複合シールと、前記ラジアル軸受に回転自在に支持される回転軸と、この回転軸と前記ラジアル軸受との摺動部のすきまを潤す磁性流体とを有し、軸受ハウジングの両端部に配置したシール装置のシール耐圧に差を持たせて高速回転時に効果的に前記複合シールから磁性流体の流出を防止する手段を備えたことを特徴とする。

【効果】 高速回転領域まで確実な密封ができ、コンパクトなスピンドルモータが提供できた。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段の磁性流体シールを、もう一方の磁性流体シール手段に設けられている磁性流体シールよりもシール力を低くしたことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項2】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段の磁性流体シールを、もう一方の磁性流体シール手段に設けられている磁性流体シールよりも回転軸の軸方向の厚さを薄くしたことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項3】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段の磁性流体シールを、もう一方の磁性流体シール手段に設けられてい

る磁性流体シールよりも回転軸との前記摺動間隙を広くしたことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項4】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段の磁性流体シールを、もう一方の磁性流体シール手段に設けられている磁性流体シールよりも磁力の弱い材質で形成したことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項5】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段の磁性流体シールにスリットを設け、このスリットは回転軸の軸方向に貫通するようにして磁性流体シールの内周に形成したことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項6】 固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段のねじシール

を、もう一方の磁性流体シール手段に設けられているねじシールよりも回転軸の軸方向の長さを長くしたことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項7】固定子用のハウジングと、回転子の回転軸と、ハウジングに備わる磁界発生用コイルと、この磁界発生用コイルの内周に対抗するようにして前記回転軸に固定支持されるモータマグネットとを有するスピンドルモータにおいて、

前記回転軸を回転自在に支持するラジアル軸受を設け、回転軸とラジアル軸受の摺動間隙を潤す磁性流体を施し、ラジアル軸受の両側には回転軸の外周をぐるり取り巻いて前記磁性流体をシールする磁性流体シール手段を設け、この両磁性流体シール手段は永久磁石を用いた磁性流体シールとねじ溝を有するねじシールとで形成し、ラジアル軸受の両側にはラジアル軸受の端部と磁性流体シール手段との間に空間を設け、スピンドルモータの内部側に配置されている磁性流体シール手段のねじシールを、もう一方の磁性流体シール手段に設けられているねじシールよりもシール力が大きくなるように回転軸の外周との間隙を狭くしたことを特徴とするスピンドルモータ。

【請求項8】請求項1から7に記載されているいずれか一つのものにおいて、回転子の回転軸に軸方向に貫通する穴を回転軸の中心に形成したことを特徴とする燃系モータ。

【請求項9】請求項1から8に記載されているいずれか一つのものにおいて、速度制御装置付DCブラシレスモータを用いたことを特徴とする紡績用駆動モータ。

【請求項10】請求項1から9に記載されているいずれか一つのものにおいて、スピンドルモータで燃系ないし糸巻手段を駆動してなる紡績機械。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、空気精紡機械用燃系スピンドルモータや糸巻スピンドルモータのように高速回転を必要とするモータに関し、特に静音で精密回転維持に好適な軸受構成体及びこれを具備したモータ並びに紡績機械に関する。

【0002】

【従来の技術】最近、精紡機械においては生産性や燃系品質の大幅向上に伴いそこに用いられるモータには高速性と高い回転精度が要求されるようになった。

【0003】従来、この種のモータにはボールベアリングや空気軸受が使用され、毎分2万回転～3万回転で用いられていた。しかし、生産性や燃系品質の大幅向上の要求から従来の数倍の高速回転化に対しては、ボールベアリングは回転音や寿命信頼性の点で使用できず、空気軸受はモータの静音化や高速回転に有効であるが、起動、停止時や高速回転で軸と軸受が接触すると摩耗が避けられず、同様に寿命信頼性の問題を抱えている。

【0004】一方、高速、高精度回転を必要とするモータの軸受として磁性流体を軸受の潤滑とシールに利用した磁性流体軸受が提案されている。この磁性流体軸受は、空気軸受に比較し、磁性流体の粘性が高いので小径の軸受で高い軸受剛性が得られる上、軸受の摩耗がほとんどなく、しかも非接触式の軸受のため高速回転においても回転音が発生せず高精度回転に有効な軸受として特開平2-275113号公報や特開平3-51514号公報に開示されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来技術によれば、モータの高速性や高精度回転に対して流体軸受の特徴を活かし、かつクリーンな環境での使用を可能にするために磁性流体を軸受の潤滑とシールに利用し、目的を達成しようとしている。しかし、開示されている軸受装置を用いたモータにおいてはある程度的高速回転は達成できるが、高速性に限界があり燃系モータのような高速モータには適用できないことが実験によって明らかとなった。

【0006】すなわち、開示されている軸受形式の磁性流体軸受は、軸受の両端に磁性流体シールとねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部材を組み合わせた複合シールを配置し、軸受部に封入した磁性流体の漏れを防止しようとしている。この複合シールは、実験結果によると毎分数万回転までは機能し、確実なシールをするがより高速回転させるとモータ内部側のシールより磁性流体が流出することが分かった。

【0007】本発明は、上記した従来技術の欠点に鑑み、従来技術の問題点の解決を図ったものであり、超高速回転まで磁性流体の漏れがなく、高精度の回転が維持できる軸受構成体及びこれを具備した高速スピンドルモータ及び空気精紡機械用スピンドルモータを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、軸受ハウジング、軸受ハウジングに設けられたラジアル軸受と、軸受ハウジングの両端部に配置された磁性流体シールとねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部材を組み合わせた複合シールと、前記ラジアル軸受に回転自在に支持される回転軸と、この回転軸と前記ラジアル軸受との摺動部のすきまを潤す磁性流体とを有し、前記したラジアル軸受の両側に配置した複合シールから効果的に磁性流体の流出を防止する手段を備えたことを特徴とするものである。

【0009】

【作用】軸受ハウジングの両端部に配置された本発明による複合シールにおいて、一方の磁性流体シールのシール耐圧を他方の磁性流体シールのシール耐圧より低くして、シール耐圧の低い磁性流体シール部でシールを破壊させてねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部で流出

した磁性流体をラジアル軸受側に戻す機構にしている。すなわち、軸受の摩擦熱によって軸受ハウジング内が温度上昇するが、この温度上昇によって軸受ハウジング内部に封入された磁性流体や空気が体積膨張し、内部圧力が高まる。この内部圧力に打ち勝つべく磁性流体シールが作用するが、内部圧力が高いほど磁性流体シールが破壊された時に磁性流体が勢いよく流出し、磁性流体回収用のシール部で回収できなくなり磁性流体が流出する。本発明の磁性流体軸受装置では、内部圧力がそれほど高くならない状態でシール耐圧の低い磁性流体シールを破壊させ、磁性流体回収用のシール部で破壊時に流出した磁性流体を回収できるシール構造にして、磁性流体の流出を防止するものである。また、磁性流体回収用のシール部においてはシール耐圧の低い磁性流体シール側のシール長を他方の磁性流体シール部のシール長よりも長く設定し、磁性流体の回収を確実にして密封性を高めている。

【0010】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面に基づいて説明する。

【0011】図1に示す整形のモータは、本発明による軸貫通形の磁性流体軸受を備えた高速回転用のスピンドルモータである。図のように、本モータは回転軸1及び8、9よりなるアルミ製のモータハウジング7、ラジアル軸受部3を一体化した耐摩耗性に優れたリン青銅製の軸受ハウジング2、その両端部にアルミ製のねじシールと環状の永久磁石を用いた磁性流体シール4a、4bよりなる複合シール、回転軸1の軸方向の位置決め用磁気スラスト軸受10、軸受ハウジング2及び磁性流体6とこの複合シールで構成された磁性流体軸受、モータ基板11、位置検出用ホールIC12、多極着磁した希土類の永久磁石13、磁界発生用コイル15、希土類のモータマグネット16、集磁用磁性部材14を備えている。モータ及び磁気スラスト軸受部に用いた環状の永久磁石はモータの小形、高性能化を図るために希土類の永久磁石を用いた。また、希土類のモータマグネット16は加工性が悪いので特に軸方向に細長いパイプ状のものは、研磨加工しても精度のよい内径精度が得られない。このため、回転軸1に嵌合する場合作業性が悪くなるばかりでなく局部的に高い応力が発生するので、高速回転させると遠心力による応力が加わり破損する恐れがある。そこで、本発明のモータではリング状のマグネットを複数用い、加工精度を高めて強度信頼性を向上させ、モータマグネット16の破損の防止を図っている。

【0012】本モータは、DCブラシレスモータでありコントローラ（図示していない）によって回転数制御ができ、制動機能も有するモータで任意の回転数に設定できる。特に精紡機械の場合は、停電時の糸切れ防止には燃糸側と巻き取り側の速度コントロールが不可欠で、制御モータが必要である。本発明のモータはこれに対応で

きるモータである。また、精紡機械の場合は、このようなモータが数多く使用されるため消費電力の少ないモータが必要とされている。このため、高速回転時のモータ損失を少なくする目的で、コアレスのモールドタイプのコイル15にしており、鉄損をなくしている。

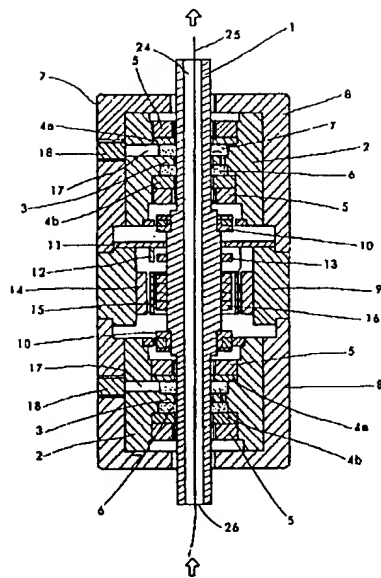
【0013】モータの回転1には磁気スラスト軸受10、位置検出用永久磁石13、モータマグネット13が取り付けられていて、前記した磁性流体軸受で回転自在に支持されている。この回転軸1は、透磁性の材料で磁性流体シールの構成に不可欠の要素部材になっている。また、磁性流体軸受は、モータハウジング7に組み込まれ、磁性流体6は封入孔17より軸受室に空間rを持たせるよう適度の量を封入し、栓18によって外部に漏れないように気密性を保っている。

【0014】モータハウジング7は磁性流体軸受を有するケース8と位置検出用ホールIC12及び磁界発生用コイル15を備えたモータ基板11、集磁用磁性部材14を具備したケース9からなり、軸受やモータ部が個々に組み立てられたケース8、9が簡単にセット状態で組み立てられるようになっている。

【0015】図2は、本発明による磁性流体軸受部及び磁気スラスト軸受部を示す部分断面図である。回転軸1及びケース8を利用して構成された磁気スラスト軸受10は、非磁性のカラー19、軸方向着磁の永久磁石20、磁気シールド板22、磁性体21から構成され、永久磁石20と磁性体21に作用する磁気吸引力によって回転軸の位置決めを行っている。モータハウジング7にはラジアル軸受部3を一体化した軸受ハウジング2が嵌合されていて、ラジアル軸受部3の両端部には磁性流体5を貯油する室を設け、空間rを持つように磁性流体6が封入されている。また、ラジアル軸受部3の両端部の貯油室は、穴を介して連通させている。そして、静止時や低速回転時の磁性流体6の流出を磁性流体シール4a、4bによって防止している。この磁性流体シールは、軸方向に着磁した永久磁石（図中N、S付記）と潤滑油に粒径 $0.01\mu\text{m}\sim 0.015\mu\text{m}$ の磁性微粒子が均等に分散された磁性流体6と回転軸1とで構成しており、永久磁石と回転軸1で構成されるすきまの磁束密度を高めて磁性流体6を磁化し、密封性を高めている。また、図示のように、磁性流体シール4a、4bは永久磁石の厚さを違えて異なったシール性能にしている。詳しくは、モータ駆動側のシール耐圧を反モータ駆動側のシール耐圧よりも低くしている。一方、高速回転領域では磁性流体シール部に保持された磁性流体には遠心力や内圧力等が作用するので密封性が維持できない。このため、ねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部材5が配置されている。このねじ溝の方向は、軸の回転によって磁性流体シールより流出した磁性流体をラジアル軸受側に押し戻すように設けられている。作用、効果はあとで詳しく説明する。

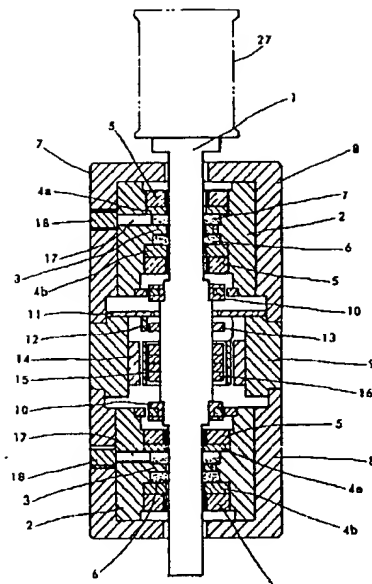
【図7】

図 7



【図8】

図 8



フロントページの続き

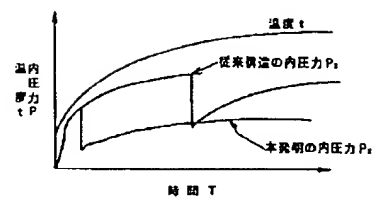
(72)発明者 関田 芳巳

茨城県日立市東多賀町一丁目1番1号 株
式会社日立製作所リビング機器事業部内

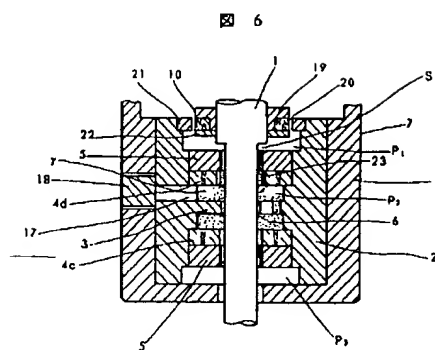
(72)発明者 宇野 斌

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
株式会社日立製作所内

【图4】



【图6】



9

構造を示したものである。磁性流体軸受部は、上記した実施例と同じ構成である。本磁性流体シール4dにおいては、永久磁石の内周にスリット23を設け、このスリット23の部分の磁束密度を低くしているの、磁性流体シール4cに比較しシール耐圧が低下する。このため、上記した本発明の実施例と同じ作用、効果を奏する。なお、本発明によるモータにおいては、磁気スラスト軸受部の永久磁石20による磁気吸引力が磁性流体に作用し、駆動モータ側に漏れやすくなるので永久磁石20の端面に磁気シールド板22を配置している。この磁気シールド板22は、磁気スラスト軸受部の洩れ磁束を低減するのでスラスト軸受の性能向上にも寄与している。

【0023】図7は、本発明による燃系スピンドルモータの実施例を示したもので、回転軸1には繊維25が通る穴24が設けられており、モータを定格回転数で駆動後繊維導入端26より図の矢印方向に繊維が撚られ取り出され、巻き取られる。この時、繊維を均一に撚るには、回転軸1の軸振れを数 μm 以下にする必要があり、本モータでは磁性流体軸受によって高精度の回転を実現している。図8は、巻き取り用のスピンドルモータを示したもので回転軸1に糸巻き用のボビン27が取り付けられている。従来のこの種のモータにはボールベアリングが用いられていたが、毎分3万回転前後になるとボールベアリングの寿命の点で定期的に交換していた。本発明のモータは、流体潤滑軸受により回転軸1が非接触状態で回転自在に支持されているので、軸受の摩擦が無く長期間使用でき軸受を交換する必要がない利点がある。

【0024】

【発明の効果】以上述べたように本発明は、軸受ハウジング、軸受ハウジングに設けられたラジアル軸受と、軸受ハウジングの両端部に配置された磁性流体シールとねじ溝を設けた磁性流体回収用のシール部材を組み合わせ

10

た複合シールと、前記ラジアル軸受に回転自在に支持される回転軸と、この回転軸と前記ラジアル軸受との摺動部のすきまを潤滑磁性流体とを有し、前記したラジアル軸受の両端に配置した複合シールから効果的に磁性流体の流出を防止する手段を備えているので、本軸受を用いたスピンドルモータを毎分数万回転以上の高速回転で使用しても磁性流体の漏れが無く、これにより長期間安定した回転特性のモータが提供できる。また、本発明の軸受構成体をDCブラシレスモータに適用し、精紡機械のスピンドルモータとして使用すると制御性がよいので糸切れ等の防止が可能になるばかりでなく、回転精度がよいので品質のよい燃糸が得られ、モータの高速化によって生産性の大幅向上が図れるなどの利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るスピンドルモータの縦断面図。

【図2】同モータの軸受部の縦断面図。

【図3】従来の軸受装置の縦断面図。

【図4】軸受装置の温度及び内部圧力と運転時間の関係を示す説明図。

【図5】本発明の一実施例に係る同モータの軸受部の縦断面図。

【図6】本発明の一実施例に係る同モータの縦断面図。

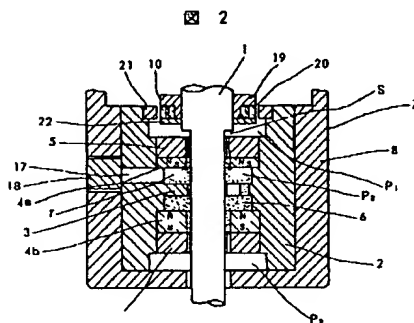
【図7】本発明の一実施例に係る燃系用スピンドルモータの縦断面図。

【図8】本発明の一実施例に係る糸巻き取り用スピンドルモータの縦断面図。

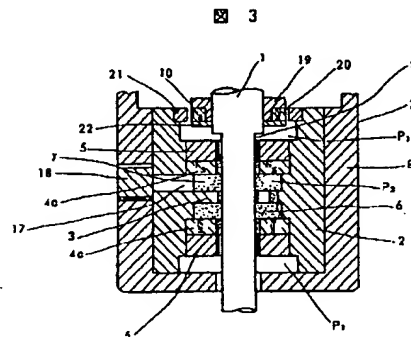
【符号の説明】

1…回転軸、2…軸受ハウジング、3…ラジアル軸受、4a、4b、4c、4d…磁性流体シール、5…磁性流体回収用シール、6…磁性流体、10…磁気スラスト軸受。

【図2】



【図3】



【0016】図3は、従来の磁性流体軸受を用いた回転軸1の支持部の部分断面図である。構成は上記した本発明の構成と基本的には同じであるが、異なる点は従来の磁性流体軸受においてはラジアル軸受3の両端部に同じシール性能の磁性流体シール4cを配置している。本構造の磁性流体軸受を図1に示すスピンドルモータに組み込み、回転させると毎分4万回転前後で軸受部に封入した磁性流体6が駆動モータ側に流出することが分かった。流出する回転数は、磁性流体シール4cやねじシール5のシール性能によって異なるが、本構成のモータでは必ず駆動モータ側に流出することが分かった。また、磁性流体シールのシール耐圧が高いほど磁性流体6の流出量が多いことが分かった。

【0017】なお、ねじシール5は内周面に螺旋状のねじ山を有するものである。ねじ山の方向は、回転軸1の回転にしたがってラジカル軸受部3の方向に進むように形成されている。このため、ラジアル軸受部3を挟むように両側に配置されているねじシール5はねじ山の方向が逆になっているのである。

【0018】図4は、磁性流体軸受部の温度及び軸受部の内部圧力と運転時間の関係を示す説明図である。上記した従来の磁性流体軸受を用いたモータでは、コントローラを介して通電すると、設定回転数に駆動される。そして、運転時間の経過に伴いラジアル軸受部3の摩擦熱によって温度上昇する。これに伴い磁性流体6や空間rの空気が体積膨張するが、軸受室は磁性流体シール4cによって気密に封入されているので空間r部の内部圧力 p_2 が図のように高まっていく。この場合、磁性流体シール4cのシール耐圧以上に内圧が上昇する瞬間に磁性流体シール4cが破壊されて磁性流体6が駆動モータ側に流出する。この時内部圧力 p_2 は、瞬時に低下するが磁性流体シールの復元も瞬時に行われるため再び図のように内部圧力 p_2 が上昇する。駆動モータ側に磁性流体6が流出する理由は、回転軸1に設けられた磁気スラスト軸受10のファン作用によってs部の圧力 p_1 が低下するので、大気圧 p_3 に比較し p_2 が低くなること及び永久磁石20の磁気吸引力が磁性流体6に作用するため内部圧力 p_2 がシール耐圧異常になると、駆動モータ側に磁性流体6が流出することになる。流出した磁性流体は、本来ねじ溝部で軸受室側に回収されるように設計されているが、空間r部の内部圧力 p_2 が高いと磁性流体はねじ溝部と回転軸1で構成されるすきまより、多く噴き出すことになる。

【0019】したがって、この磁性流体の流出を防止するためには、内部圧力 p_2 を低くしてねじ溝の部分から噴き出さないようにする必要がある。本発明では、図2のように駆動モータの磁性流体シール4aのシール耐圧を反駆動モータ側の磁性流体シール4bのシール耐圧より低くして流出を防止している。具体的には磁性流体シール4bの永久磁石の厚さよりも磁性流体シール4aの

厚さを薄くしている。この駆動モータ側の磁性流体シール4aのシール耐圧は、基本的には静止時の気密性が維持できるシール性能でよく、回転時磁性流体シールから流出する磁性流体は、ねじシール部で軸受室側に回収できるように設計している。本発明による磁性流体軸受を用いた図1のモータの一実施例では、軸受室の内部圧力 p_2 は図4のように運転開始後比較的短時間で磁性流体シール4aが破壊されこれを繰り返すが、内部圧力 p_2 がそれほど高くないうちに磁性流体シール4aが破壊される。これにより、内部圧力 p_2 がそれほど高くないので磁性流体シール4aから流出した磁性流体はねじシール部で軸受室に回収され、駆動モータ側に磁性流体が流出しない。

【0020】このシール性能試験においては、回転軸直径 $\phi 6\text{mm}$ 、磁性流体シール部のシールすきまを 0.15mm とし、磁性流体シール4aのシール厚さを 1mm 、磁性流体シール4bのシール厚さを 2mm 、磁性流体シール4cのシール厚さを 2mm のものをを用いて回転試験を行った。本発明による実施例では、この条件で毎分5万回転の高速回転においても磁性流体の漏れが無くシール効果が確認できた。また、本軸受装置では回転時の損失は主にラジアル軸受3の部分で発生するが、磁気スラスト軸受部では回転部と静止部が接触することなくすきまを持たせているので損失の発生が無く、損失の少ない軸受装置に構成している。本回転試験では、磁性流体シールのシール耐圧は磁性流体シールの厚さを変えることによって磁性流体シール4aのシール耐圧を磁性流体シール4bのシール耐圧より低く設定したが、シールすきまや永久磁石の材質を変えることによって両者のシール耐圧差を所定の値に設定できる。

【0021】図5は、本発明の他の実施例を示したもので、横置きモータとして使用した場合の磁性流体軸受部の部分断面図である。上記した縦形モータを横置きモータとして使用しても同様の作用、効果を奏するが、横置きモータの場合は軸受室に封入した磁性流体6には縦形モータのように軸方向に重力が作用しないので密封性が若干悪くなる。すなわち、横置きモータとして使用する場合は、図のようにねじシール部の磁性流体の回収性能を高めるために駆動モータ側のねじシール5aの長さを反駆動モータ側のねじシール5bの長さより長くすることによって磁性流体の流出防止を確実にすることができる。このように、磁性流体シール4a、4b及びねじシール部5a、5bのシール性能を適度に組み合わせることによって高速回転領域まで確実なシールが維持できる。このねじシール部における磁性流体の回収性能は回転軸1とのすきまの設定によってもシール5a、5bのシール性能を任意に変えることができる。

【0022】図6は、本発明の他の実施例を示したもので、シール耐圧を下げる手段として磁性流体シール4dを構成している永久磁石の内周にスリット23を設けた